

CLIMATOLOGÍA DE INCENDIOS FORESTALES EN CATALUÑA (1968-2008) EN RELACIÓN A SITUACIONES SINÓPTICAS Y TELECONEXIONES

Ricard MIRALLES ORTEGA¹, Javier MARTÍN-VIDE¹, M^a Carmen LLASAT BOTIJA²

¹*Grupo de Climatología. Depto. de Geografía Física y AGR. Universidad de Barcelona*

²*Depto. de Astronomía y Meteorología. Universidad de Barcelona*

rmirallesortega@ub.edu, jmartinvide@ub.edu, mcarmenllasatb@ub.edu

RESUMEN

Determinadas situaciones sinópticas y factores meteorológicos, climáticos, biológicos y geográficos favorecen los incendios forestales. Se describen cuatro situaciones atmosféricas, relacionadas con índices teleconectivos, que han favorecido el desarrollo y propagación de los grandes incendios en Cataluña: las situaciones del norte, del noroeste, del oeste y las situaciones del sur (ola de calor).

En todos los meses del año la frecuencia de incendios forestales sigue una tendencia al aumento, en cambio, el número de hectáreas forestales quemadas presenta tendencia a la disminución, explicándose por la mejora en la prevención y extinción de los incendios forestales en Cataluña en las últimas décadas.

Se encuentran correlaciones estadísticamente significativas entre el número de incendios forestales y las hectáreas forestales quemadas con variables meteorológicas e índices de teleconexión climática (*NAOi*, *MOi*, *WeMOi*).

Palabras clave: incendio forestal, teleconexión, situación sinóptica, ola de calor, Cataluña.

ABSTRACT

The relationships between meteorological, climatological, biological and geographical factors as main causes for developing and propagation of wildfires under certain synoptical conditions are shown. Regarding these conditions, four atmospheric situations related to teleconnection indexes are studied as deciding factors to develop big wildfires in Catalonia: northern, northwestern, western and southern (heat waves) situations.

In all months the frequency of wildfires shows an increasing trend, however, the extension of burned forest has decreased. This can be due to the improvement of the prevention and extinction of wildfires in Catalonia during the last decades.

Statistical correlations were found between the number of wildfires and the extension of burned forest with meteorological variables and climatic teleconnection indexes (*NAOi*, *MOi*, *WeMOi*).

Key words: wildfire, teleconnection, synoptic type, heat wave, Catalonia.

1. INTRODUCCIÓN

Se considerará como caso de estudio el territorio de Cataluña y se tratarán los incendios forestales considerando el período 1968-2008.

Dada la situación latitudinal de Cataluña y a occidente del continente euroasiático el clima de la citada comunidad autónoma española tiene unos rasgos propiamente mediterráneos, pero participa de otros más extremos, propios de las zonas climáticas entre los cuales se enmarca. La invasión de

las masas cálidas o tropicales, propias de latitudes subtropicales y tropicales, caracterizadas por un anticiclón en las capas medias y altas de la troposfera, predominante durante la época cálida del año, comporta un trimestre estival seco, que favorece especialmente el riesgo de incendios forestales.

Determinadas situaciones atmosféricas y factores meteorológicos, climáticos, biológicos y geográficos favorecen los incendios forestales. Se describen cuatro situaciones atmosféricas (Montserrat, 1999), que se pueden relacionar con índices teleconectivos, que han favorecido el desarrollo y propagación de los grandes incendios en Cataluña: las situaciones del norte, del noroeste, del oeste y las situaciones del sur. Estas últimas situaciones de “ola de calor” se encuentran asociadas a invasiones subsaharianas, algo frecuentes y, en ocasiones, persistentes durante la época estival, directamente relacionadas con el riesgo de incendios forestales.

En un contexto de cambio climático, la temperatura media planetaria presenta una clara tendencia ascendente, mientras que las precipitaciones en la cuenca del Mediterráneo tienden, en general, a disminuir (aunque la tendencia no es clara). Las situaciones de sequía se prevé que aumenten en frecuencia, siendo así más recurrentes, comportando un aumento del riesgo de desertificación. Probablemente puedan darse con mayor frecuencia o ser más persistentes situaciones sinópticas favorables al desarrollo de incendios forestales, en especial, las situaciones que comportan olas de calor. Episodios extremos de incendios forestales, prolongados y repartidos geográficamente provocaron grandes incendios forestales, como los de 1994 en el levante español o los más recientes de Portugal de 2003, en un contexto de ola de calor, pueden ser el preludio de lo que puede ocurrir bajo condiciones sinópticas adversas.

La ocurrencia y extensión de los incendios forestales se relaciona, como hemos descrito anteriormente, con las condiciones medioambientales, climáticas, pero se ha de enfatizar particularmente en la importancia de la actividad antrópica como causa principal de los incendios forestales. Una buena educación y concienciación ambiental puede ayudar a mitigar esta realidad.

2. OBJETIVOS

Analizar la relación existente de los incendios forestales con las situaciones sinópticas y las teleconexiones climáticas.

Analizar la distribución espacial y temporal de los incendios forestales, sus tendencias y hallar correlaciones estadísticamente significativas entre la frecuencia de incendios forestales y las hectáreas forestales quemadas con variables meteorológicas e índices de teleconexión climática (*NAOi*, *MOi*, *WeMOi*).

3. DATOS Y METODOLOGÍA

Elaboradas previamente las series de incendios forestales para la región de Cataluña, considerando el período 1968-2008, atendiendo a la superficie forestal quemada y ocurrencia de incendios forestales, se ha realizado una climatología mensual de incendios forestales en Cataluña para el citado período, obteniéndose además para cada mes la evolución temporal de los incendios forestales, referidos a extensión forestal quemada y ocurrencia, así como la obtención de las tendencias mensuales para el período considerado.

Se han tomado los datos de diferentes variables meteorológicas: temperatura, humedad relativa y geopotencial del nivel troposférico de 850 hPa del reanálisis *NCEP/NCAR 40 Years Reanalysis Project* (Kalnay *et al.*, 1996) para efectuar correlaciones con datos de incendios forestales. Los datos del NCEP/NCAR son de una rejilla de 2.5 x 2.5 de longitud y latitud. La ventana de estudio comprende 561 puntos, entre las longitudes 30W-50E, y las latitudes 30N-70N.

Se correlacionan temporalmente los valores de hectáreas forestales quemadas y la ocurrencia de incendios forestales con los valores de las diferentes variables meteorológicas citadas, obteniéndose

valores de correlación estadísticamente significativos. Aplicando el mismo procedimiento estadístico, coeficiente de correlación r de Pearson, se obtienen los valores de correlación entre las variables meteorológicas y los tres índices de teleconexión climática considerados.

4. RESULTADOS

Considerando la serie 1968-2008 para Cataluña, la tendencia de la frecuencia en número de incendios forestales es creciente mientras que la tendencia de las hectáreas forestales quemadas presenta una tendencia a la disminución. La tendencia no sería débil si no se considerase el máximo de la serie del gran año de incendios forestales de 1994.

En la figura 1, se observan dos períodos diferenciados, 1968-1984 y 1985-2008. El segundo período, con menos hectáreas forestales quemadas, indicaría una mejora en la extinción y en la prevención de incendios forestales, considerando que la tendencia en un contexto de cambio climático favorecería un incremento y no un descenso atendiendo al número de hectáreas quemadas. Por lo tanto, en la explicación del gráfico siguiente hay que considerar una mejora en la extinción de los incendios forestales de las dos últimas décadas en Cataluña.

Evolución de hectáreas forestales quemadas en Cataluña (1968-2008)

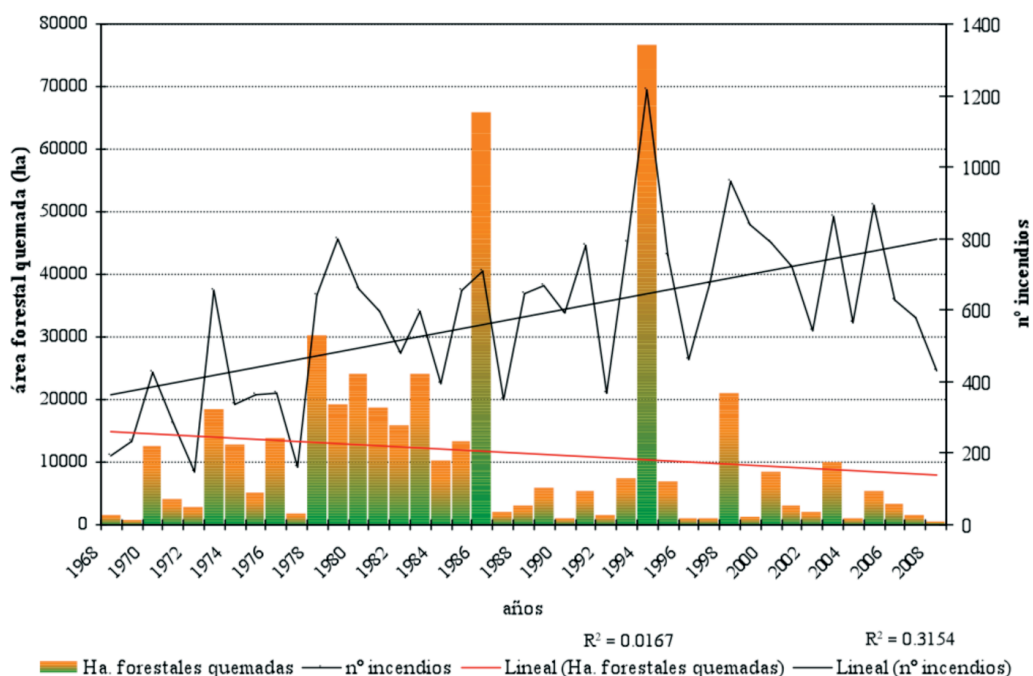


FIG. 1: Evolución de la superficie quemada y el número de incendios forestales en Cataluña en el período 1968-2008.

La figura 2 muestra que en época estival se producen las mayores extensiones de área quemada por incendios forestales. La mayor frecuencia de incendios y la mayor superficie forestal quemada se registra en el mes de julio, seguido por agosto.

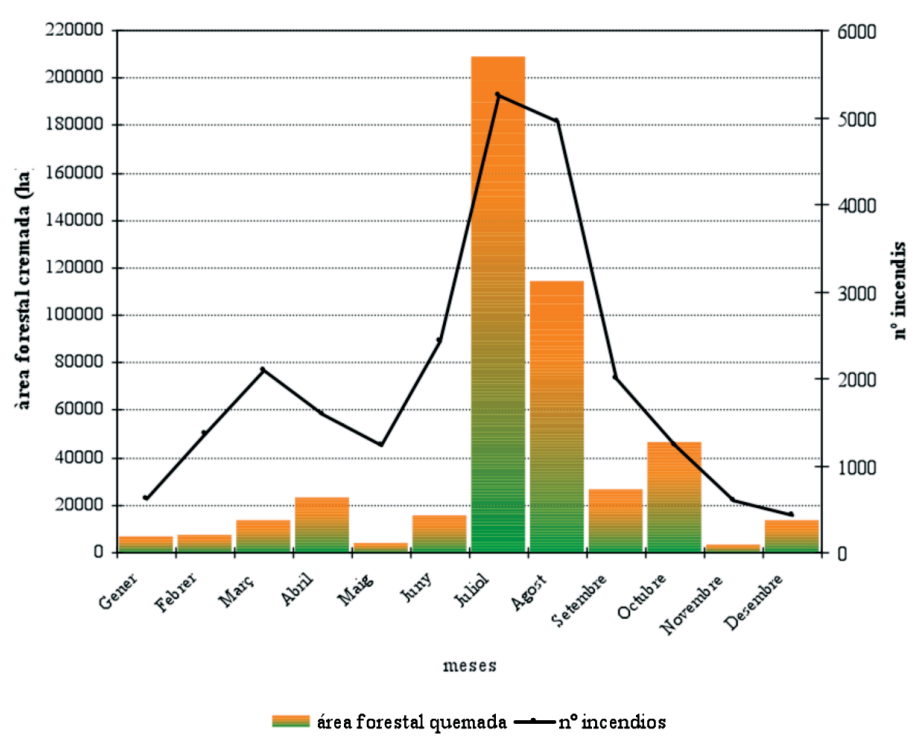


FIG. 2: Hectáreas forestales quemadas y ocurrencia de incendios forestales en Cataluña. Clasificación mensual (1968-2008).

En la figura 3, se observa que no coincide la proporción entre la frecuencia con las hectáreas forestales quemadas.

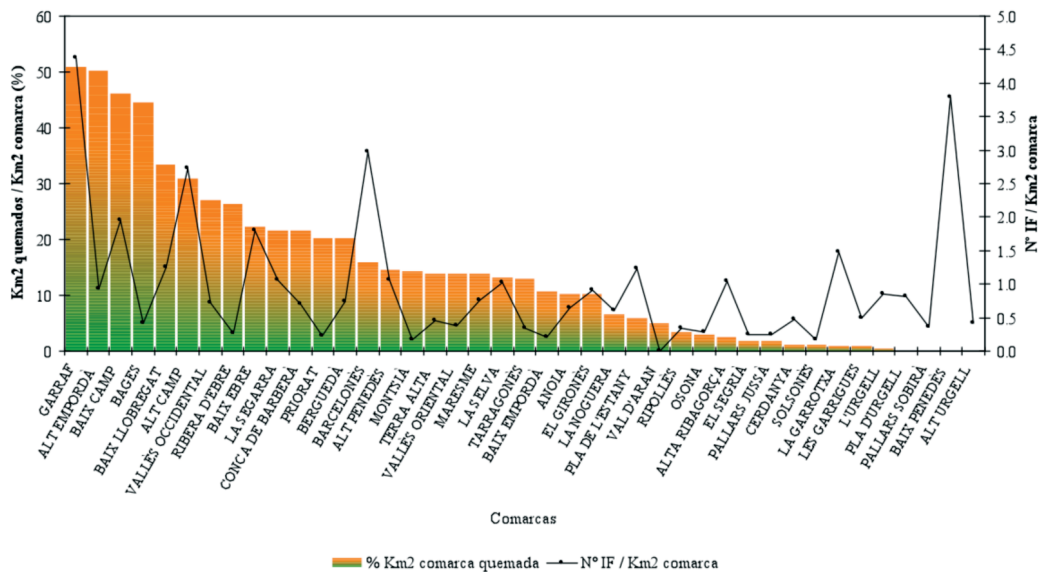


FIG. 3: Comparativa comarcal de la superficie forestal quemada y la ocurrencia de incendios forestales (en términos relativos) en Cataluña para el periodo 1968-2008.

En términos absolutos, la mayor parte de hectáreas quemadas en Cataluña en el período 1968-2008 se concentra en la comarca del Alt Empordà (con el máximo) y también en la comarca del Bages y áreas próximas, mostrándose en la figura 4. Hay otros focos secundarios hacia el campo de Tarragona y las tierras del Ebro.

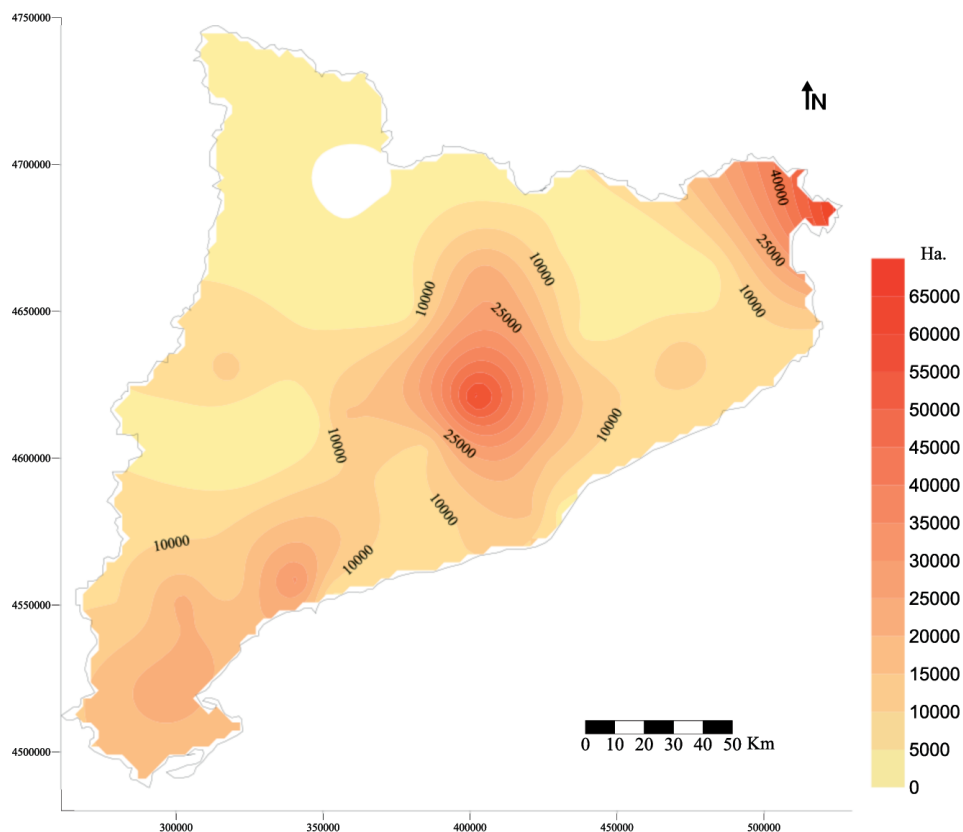


FIG. 4: Mapa de localización de las hectáreas forestales quemadas en Cataluña (1968-2008).

La explicación de los máximos de hectáreas forestales quemadas en los extremos nororiental y meridional de Cataluña se relaciona, entre otros factores, con el hecho de que son zonas afectadas con frecuencia por rachas de viento de intensidad moderada a fuerte asociado a determinadas situaciones sinópticas. Las advecciones de masas de aire frías y secas del norte favorecen, sobre todo en el área más nororiental del territorio, los incendios forestales, ya que el viento del norte (la *tramuntana*, en el Empordà) asociado a bajo aporte de humedad reseca la vegetación a la vez que acelera la propagación del incendio una vez iniciado, dificultando las labores de extinción. De la misma forma, en la zona sur de la comunidad el viento seco llega canalizado por el valle del Ebro (viento del noroeste o *mestral*) y aumenta el riesgo potencial de incendios forestales. La explicación del máximo en el área central de Cataluña tiene la explicación sobre todo en unos usos del suelo caracterizados con abundante vegetación potencial de ser quemada.

La figura 5 muestra que en todos los meses del año la frecuencia de incendios forestales sigue una tendencia al aumento, en cambio, el número de hectáreas forestales quemadas presenta tendencia a la disminución, explicándose por la mejora en la prevención y extinción de los incendios forestales en Cataluña en las dos últimas décadas.

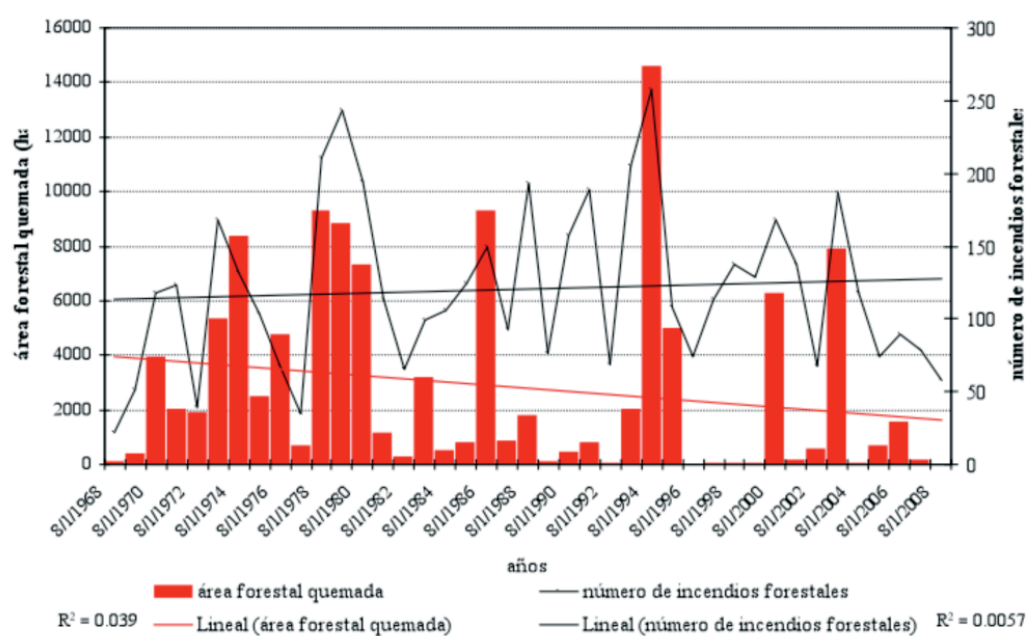


FIG. 5: Tendencias del área forestal quemada y de la ocurrencia de incendios forestales en Cataluña. Climatología mensual de la serie 1968-2008. Mes de agosto.

En la figura 6 se aprecia la evolución temporal de la ocurrencia de los incendios forestales para el mes de agosto de la serie en relación a los tres índices de teleconexión considerados.

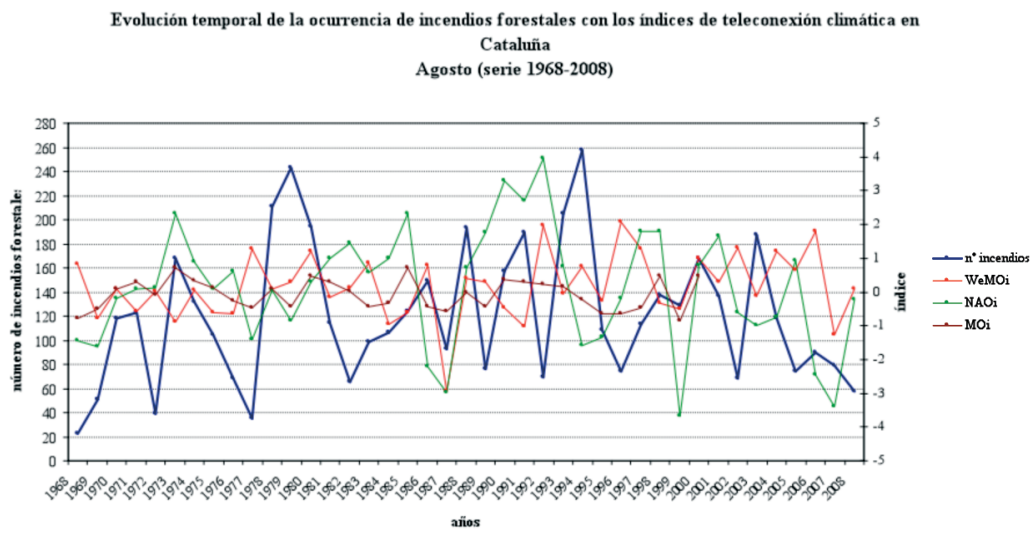


FIG. 6: Evolución temporal de la frecuencia y los índices de teleconexión de la serie 1986-2008. Mes de agosto.

Se han obtenido correlaciones estadísticamente significativas entre el número de incendios forestales y las hectáreas forestales quemadas, y variables meteorológicas e índices de teleconexión climática (NAOi, MOi, WeMOi).

En la figura 7 se observa que la mayoría de los incendios se acotan a geopotenciales entre 1500-1600 mgp.

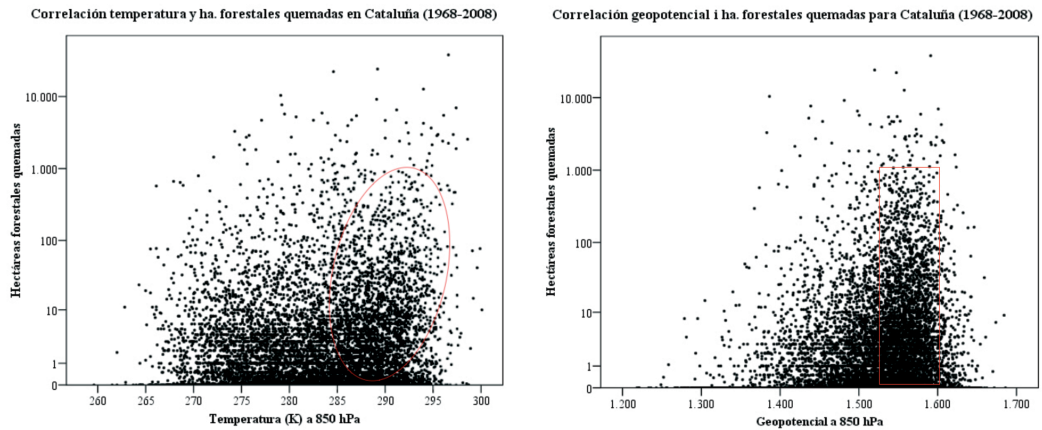


FIG. 7: Correlación de la temperatura (izquierda) y el geopotencial (derecha) a 850 hPa con la superficie forestal quemada.

Correlacionando la frecuencia y la superficie forestal quemada con las variables meteorológicas resultan correlaciones significativas, obteniéndose valores de correlación más relevantes con la ocurrencia.

		Número de incendios forestales	Geopotencial a 850hPa	Temperatura (K) a 850hPa	Humedad relativa a 850hPa	Hectáreas forestales quemadas
Número de incendios forestales	Correlación de Pearson	1	,223(**)	,380(**)	-,255(**)	,227(**)
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,000	,000
	N	14976	14975	14975	14975	14976
Geopotencial a 850hPa	Correlación de Pearson	,223(**)	1	,502(**)	-,476(**)	,024(**)
	Sig. (bilateral)	,000		,000	,000	,003
	N	14975	14975	14975	14975	14975
Temperatura (K) a 850hPa	Correlación de Pearson	,380(**)	,502(**)	1	-,303(**)	,063(**)
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000	,000
	N	14975	14975	14975	14975	14975
Humedad relativa a 850hPa	Correlación de Pearson	-,255(**)	-,476(**)	-,303(**)	1	-,035(**)
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000		,000
	N	14975	14975	14975	14975	14975
Hectáreas forestales quemadas	Correlación de Pearson	,227(**)	,024(**)	,063(**)	-,035(**)	1
	Sig. (bilateral)	,000	,003	,000	,000	
	N	14976	14975	14975	14975	14976

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)

TABLA 1: Tabla resumen de las correlaciones de la frecuencia y la superficie quemada con variables meteorológicas a 850 hPa.

Correlacionando la frecuencia de incendios y las hectáreas forestales quemadas con los tres índices de teleconexión climática resultan las correlaciones estadísticamente significativas que se recogen en la Tabla 2.

		Valores de los índices de teleconexión climática		
Meses		WeMOi	NAOi	MOi
Enero	Nº IF	0,279	0,430	0,614
	Ha.	0,265	0,090	0,369
Febrero	Nº IF	0,281	0,401	0,416
	Ha.	0,175	0,276	0,243
Marzo	Nº IF	0,142	0,266	0,461
	Ha.	0,079	0,133	0,314
Abril	Nº IF	0,340	0,294	0,222
	Ha.	0,267	0,131	0,050
Mayo	Nº IF	-0,199	0,024	-0,019
	Ha.	0,101	0,179	0,474
Junio	Nº IF	-0,448	0,105	0,236
	Ha.	-0,268	-0,019	-0,064
Julio	Nº IF	0,099	0,053	-0,260
	Ha.	-0,134	0,038	-0,212
Agosto	Nº IF	-0,077	0,110	0,371
	Ha.	0,071	-0,181	0,114
Septiembre	Nº IF	0,058	0,042	0,085
	Ha.	0,248	-0,004	-0,032
Octubre	Nº IF	0,079	-0,087	0,234
	Ha.	0,197	-0,016	0,146
Noviembre	Nº IF	-0,072	0,105	0,224
	Ha.	-0,068	0,356	0,398
Diciembre	Nº IF	0,354	0,101	0,012
	Ha.	0,337	-0,169	-0,217

valores de correlación

no significativos

significación al 95%

significación al 99%

Nº IF: Número Incendios Forestales

Ha.: Hectáreas forestales quemadas

TABLA 2: Tabla resumen de las correlaciones de la frecuencia y la superficie quemada con los índices de teleconexión por meses.

En enero el NAOi y el MOi presentan correlación positiva estadísticamente significativa con la ocurrencia de incendios forestales al nivel de significación del 99% y el MOi presenta el mismo mes además correlación positiva significativa (al nivel del 95%) con las hectáreas forestales quemadas. En febrero el NAOi y el MOi también presentan correlación positiva estadísticamente significativa con la ocurrencia de incendios forestales, el NAOi al nivel del 99% y el MOi al nivel del 95%. El NAOi

también presenta una correlación positiva significativa en noviembre (al 95%) con las hectáreas quemadas.

El *MOi* en el mes de marzo presenta correlación positiva significativa (al 99%) con la frecuencia, en mayo con las hectáreas quemadas (al 99%), en agosto con la ocurrencia de incendios forestales (al 95%) y en noviembre con las hectáreas quemadas (al 95%). Lo más interesante radica en la correlación de este índice en el mes de agosto, mes muy favorable a los incendios forestales en el mundo mediterráneo.

El *WeMOi* (López-Bustins, 2007) presenta correlación estadísticamente significativa con la ocurrencia de incendios forestales los meses de abril, junio (negativa) y diciembre (este último mes también con la superficie quemada). La correlación es al nivel del 95% en todos los casos con excepción en junio que es del 99%, justamente donde es más interesante el resultado al ser mes de verano.

El conocimiento de la evolución temporal de los índices de teleconexión climática, como el *WeMOi* (de escala regional) podría aportar luz sobre la evolución de los incendios forestales.

5. CONCLUSIONES

Determinadas situaciones atmosféricas son favorables para el desarrollo y propagación de los incendios forestales. Se describen cuatro tipos de períodos críticos de fuego para Cataluña (1980-1998): las situaciones del norte, del noroeste, del oeste y del sur (ola de calor).

Determinados factores meteorológicos, climáticos, biológicos y geográficos favorecen los incendios forestales. Los factores geográficos de clima mediterráneo, territorio montañoso y sociedad urbana agravan la actividad del fuego. Los factores meteorológicos relacionados con las características de las variables atmosféricas de altas temperaturas, bajas humedades relativas, intensidad de la velocidad del viento, radiación solar elevada y escasa precipitación (días atrás) influyen de forma decisiva. Los factores biológicos hacen referencia a la humedad del combustible (vivo y muerto).

En la distribución temporal de la actividad del fuego en Cataluña (1983-2006) inciden diferentes escalas temporales siendo fácil, a lo largo del año, detectar tres: el período de quema, la estación de fuego y el episodio crítico de fuego (Montserrat, 2007). En la distribución espacial de la actividad del fuego para grandes extensiones hay una gran tipología de áreas, encontrándose regiones poco frecuentadas por los incendios forestales y otras en cambio muy frecuentadas.

La distribución temporal (anual) y espacial de los incendios forestales para el período 1968-2008 en Cataluña muestra una mayor frecuencia y más hectáreas forestales quemadas en julio, seguido de agosto (y más atrás, octubre). La mayor parte de hectáreas quemadas en Cataluña para este período se concentra en la comarca del Alt Empordà y luego en la comarca del Bages y áreas próximas, habiendo otros focos secundarios calcinados hacia el campo de Tarragona y tierras del Ebro.

La serie de incendios forestales para Cataluña (1968-2008) muestra que en todos los meses del año la frecuencia de incendios forestales sigue una tendencia al aumento.

El número de hectáreas forestales quemadas presenta tendencia a la disminución en todos los meses del año, con la única excepción del mes de junio, que presenta un ligero incremento. Se puede explicar por la mejora de la prevención y extinción de los incendios forestales en Cataluña en las últimas décadas (*SPIF*).

Al aplicar los índices *WeMOi*, *NAOi* y *MOi* en relación a los incendios forestales se han encontrado algunas correlaciones estadísticamente significativas, resumidas en la Tabla 2.

Teniendo en consideración además del factor meteorológico los otros factores, sobre todo el antropogénico, se pueden considerar correlaciones estadísticamente aceptables. Los índices *NAOi* y *MOi* presentan valores de correlación significativos con la serie de incendios forestales en los meses de invierno. También la correlación es significativa estadísticamente entre el *WeMOi* y la frecuencia para el mes de junio, característico de incendios forestales en Cataluña.

Agradecimientos

Esta investigación se ha realizado gracias a una ayuda del Ministerio de Educación (Miralles-Ortega, beca FPU), al grupo de investigación consolidado *Grupo de Climatología (2009SGR443)* de la Universidad de Barcelona y al proyecto *PRECABAL (CGL2011-29263-C02-01)* del MCI. Se agradece también al *SPIF* (Generalitat de Catalunya) los datos de incendios forestales para Cataluña (1968-2008), y los datos del *NCEP/NCAR* (Kalnay *et al.*, 1996).

REFERENCIAS

- Kalnay *et al.* (1996), The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437-470.
- Llasat, M.C.; Cuevas, G.; Miralles, R. (2008b). *Impacte del canvi climàtic sobre els riscos naturals*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, CADS. (Informe interno elaborado para el Grupo de Expertos de Cambio Climático de Cataluña).
- López-Bustins, J.A.; Martín-Vide, J. y Sánchez-Lorenzo, A. (2007). Iberia winter rainfall trends based upon changes in teleconnection and circulation patterns. *Global and Planetary Change* 69: 1471–1484.
- López-Bustins, J.A. (2007). *L'Oscil·lació de la Mediterrània Occidental i la Precipitació als Països Catalans*. PhD thesis, unpublished.
- Martín-Vide, J. y López-Bustins, J.A. (2006). The western Mediterranean oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology* 26: 1455–1475.
- Montserrat, D. (2007). *Descripció dels incendis forestals de Catalunya amb el mètode de la triple dicotomia*. Tesis doctoral: *Temps de Foc. Climatologia sinòptica aplicada als incendis forestals de Catalunya*.
- Montserrat, D. (1999). *Mapas sinópticos medios relacionados con el inicio de grandes incendios forestales en Catalunya*. La Climatología española en los albores del siglo XXI. Publicaciones de la AEC, Serie A, nº 1, pp. 339-346.